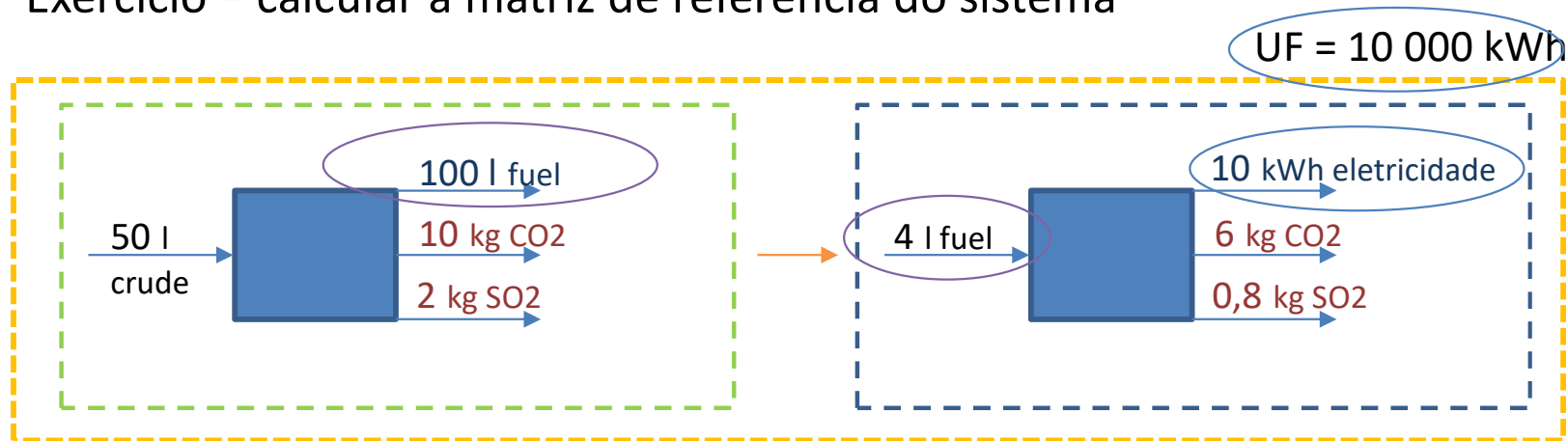




## Avaliação do Ciclo de Vida Aula 6 – Modelação II 9 Dezembro 2022

# Modelo básico para a análise de inventário

Exercício – calcular a matriz de referência do sistema



**Sistema Original**

<b>A</b>		<b>A-1</b>	
-2	100	0	0,1
10	0	0,01	0,002

<b>B</b>		$\Lambda=BA-1$	
1	10	0,1	0,12
0,1	2	0,02	0,014
0	-50	-0,5	-0,1

<b>f</b>		<b>g1</b>	120
0		<b>g2</b>	14
1000		<b>g3</b>	-100

<b>f'</b>		<b>g'1</b>	55800
0		<b>g'2</b>	6510
465000		<b>g'3</b>	-46500

**Sistema Atual**

<b>A</b>		<b>A-1</b>	
-4	100	0	0,1
10	0	0,01	0,004

<b>B</b>		$\Lambda=BA-1$	
6	10	0,1	0,64
0,8	2	0,02	0,088
0	-50	-0,5	-0,2

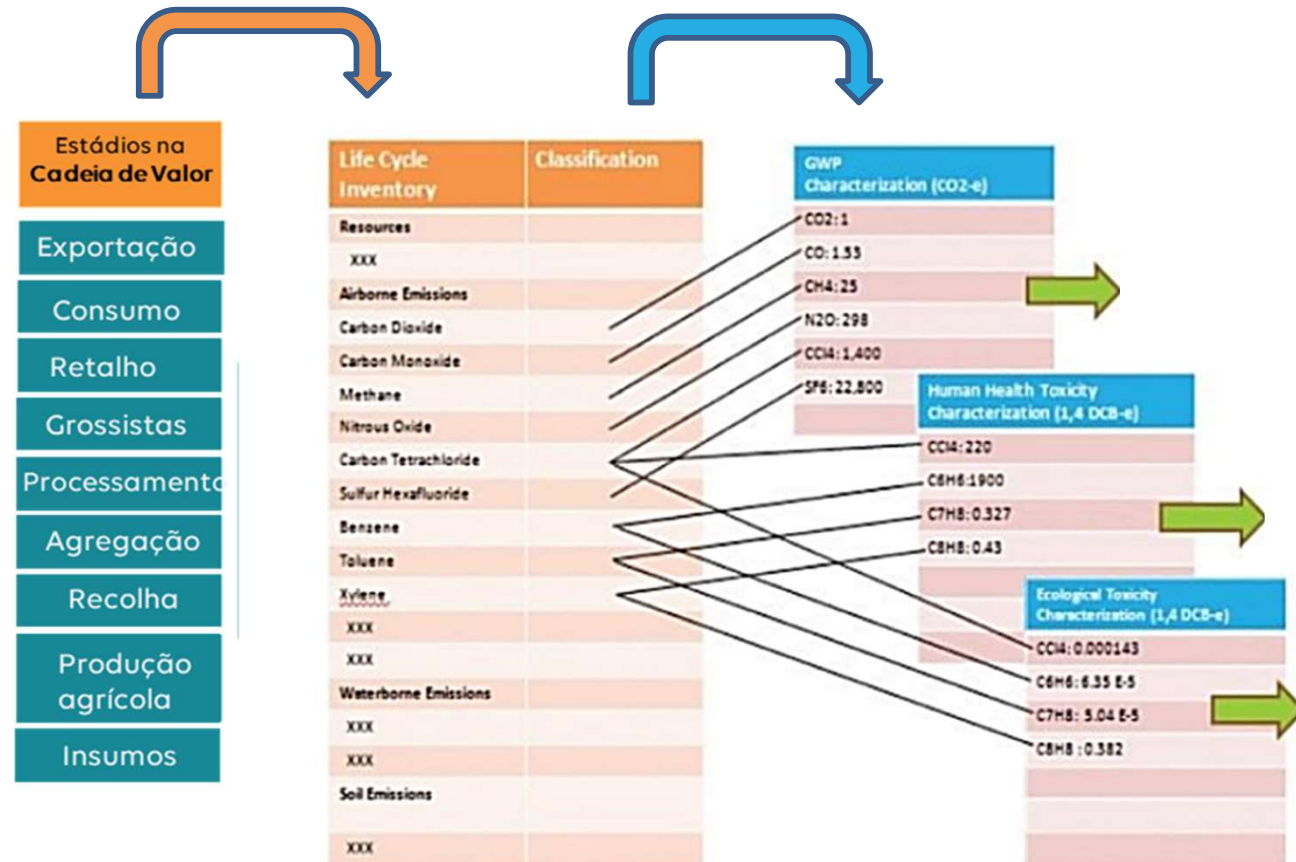
<b>f</b>		<b>g1</b>	6400
0		<b>g2</b>	880
10000		<b>g3</b>	-2000

<b>f'</b>		<b>g'1</b>	297600
0		<b>g'2</b>	40920
465000		<b>g'3</b>	-93000

# Componente 2: Construção do Inventário

Modelo da análise de Inventário

Modelo LCIA



# Modelação do inventário

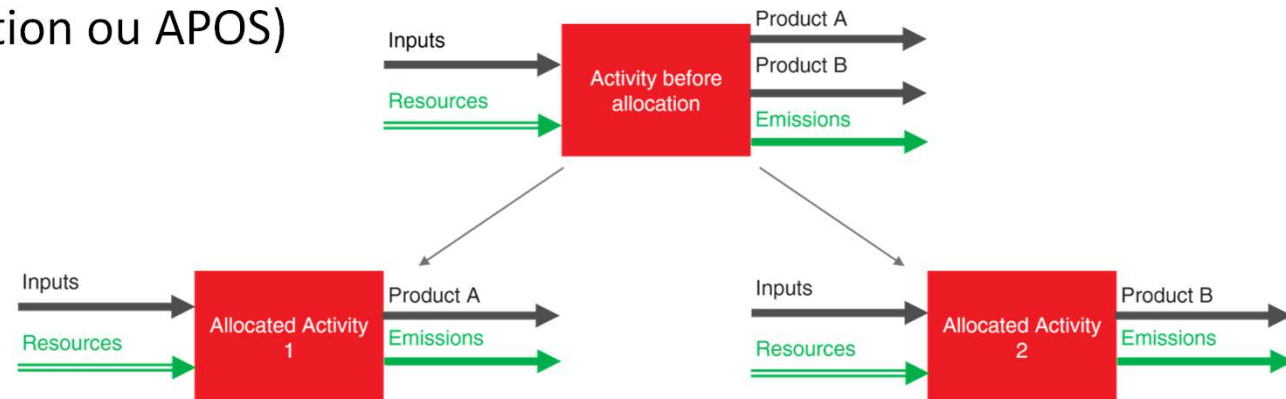
1. A **modelação do inventário** tem subjacente a aplicação de diferentes pressupostos para determinar a **ligação** (linking) e a **distribuição** das **cargas ambientais** - e consequentemente, impactos - entre **produtores** e **consumidores** de produtos e/ou serviços.
2. Os aspectos críticos referem-se aos aspetos da **alocação** e da **substituição**.
3. A escolha do modelo do sistema é da **responsabilidade do perito**.

Este deve entender os pressupostos do modelo selecionado para garantir que o modelo é o adequado ao **objetivo** e ao **âmbito** do estudo.



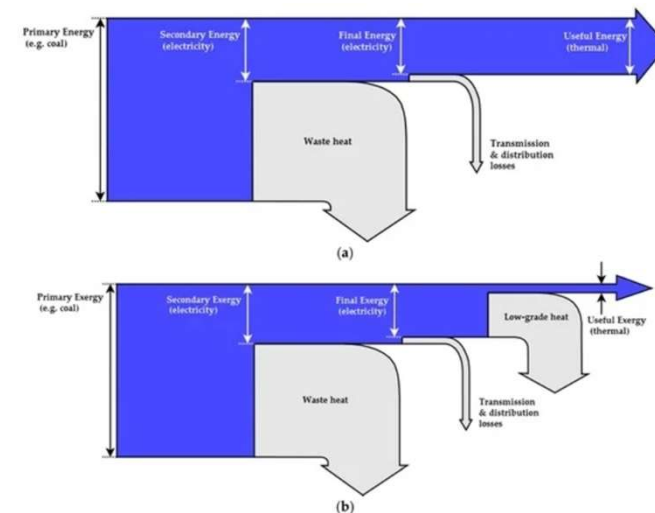
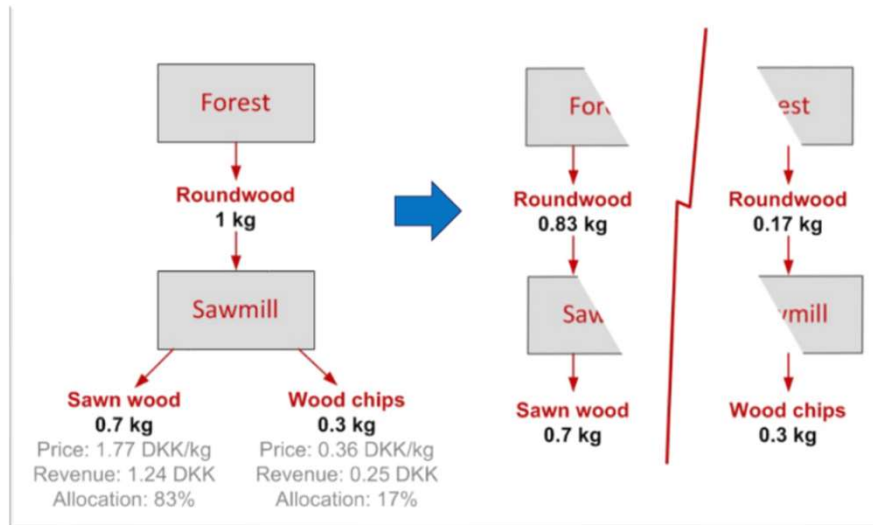
# Modelação do inventário: Alocação

1. A **alocação** é o método aplicado na ACV **atributiva** (attributional LCA, ALCA ou A-LCA) para **converter** atividades geradoras de **vários produtos** em atividades geradoras de um **único produto**.
2. O tipo de alocação **determina** a **parcela de cada insumo e emissão atribuída ao produto** objeto do estudo (**de referência**) e aos subprodutos (com valor económico).
3. Existem dois modelos principais:
  - Alocação, **corte por classificação** ( Allocation cut-off by classification)
  - Alocação **no ponto de substituição** (Allocation at the Point of Substitution ou APOS)



# Modelação do inventário: Alocação

1. Por exemplo, a base de dados **ecoinvent** depende da **alocação económica** (ou seja, alocação baseada no preço), com poucas exceções, como para energia, para a qual a **alocação** é baseada na **exergia**.





# Modelação do inventário: Alocação

- Por exemplo, a base de dados **ecoinvent** depende da **alocação económica** (ou seja, alocação baseada no preço), com poucas exceções, como para **energia**, para a qual a **alocação** é baseada na **exergia**.

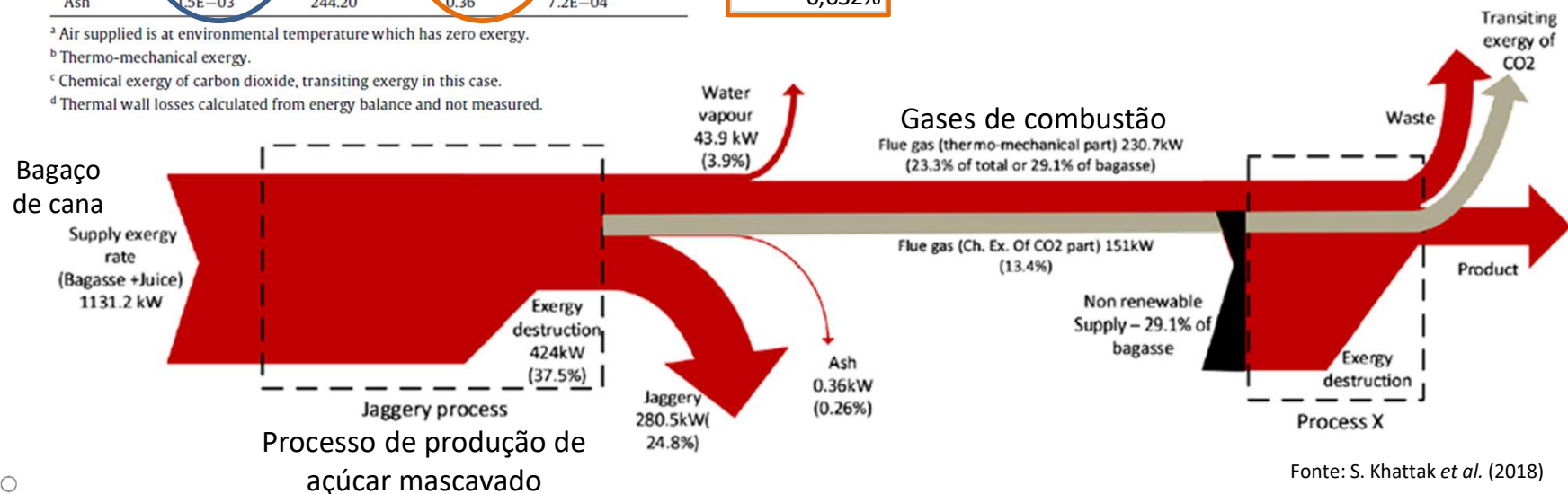
Exergy balance results for the jaggery making process.

Baseline operation				
Flows IN	Mass flow rate (kg/s)	Specific exergy (kJ/kg)	Exergy (kJ/s)	Uncertainty (±kJ/s)
Juice	0.11	3141.00	339.23	6.51
Bagasse	0.06	13200.00	792.00	16.95
Air <sup>a</sup>	-	0	0	-
Flows OUT	Mass flow rate (kg/s)	Specific exergy (kJ/kg)	Exergy (kJ/s)	Uncertainty (±kJ/s)
Jaggery	0.02	14025.00	280.50	5.53
Water vapour	0.09	488.40	43.90	1.05
Flue gas	0.34	678.7 <sup>b</sup>	382.20	33.87
Losses <sup>d</sup>	-	-	0	-
Ash	1.5E-03	244.20	0.36	7.2E-04

4,43%
19,93%
75,30%
0,00%
0,33%

24,8%
3,9%
20,4% + 13,4%
0,00%
0,032%

<sup>a</sup> Air supplied is at environmental temperature which has zero exergy.  
<sup>b</sup> Thermo-mechanical exergy.  
<sup>c</sup> Chemical exergy of carbon dioxide, transiting exergy in this case.  
<sup>d</sup> Thermal wall losses calculated from energy balance and not measured.



Fonte: S. Khattak et al. (2018)



# Modelo “Alocação, corte por classificação”

Filosofia subjacente a esta abordagem:

- as consequências ambientais da produção primária (a primeira) de um material são sempre alocadas ao utilizador principal desse material.
  - se o material for reciclado, o produtor primário não recebe nenhum crédito pelo fornecimento de quaisquer materiais recicláveis.
- ⇒ **materiais recicláveis** estão disponíveis sem carga ambiental para os processos de reciclagem,
- ⇒ **materiais secundários** (reciclados) carregam apenas as cargas ambientais dos processos de reciclagem





# Modelo “Alocação, corte por classificação”

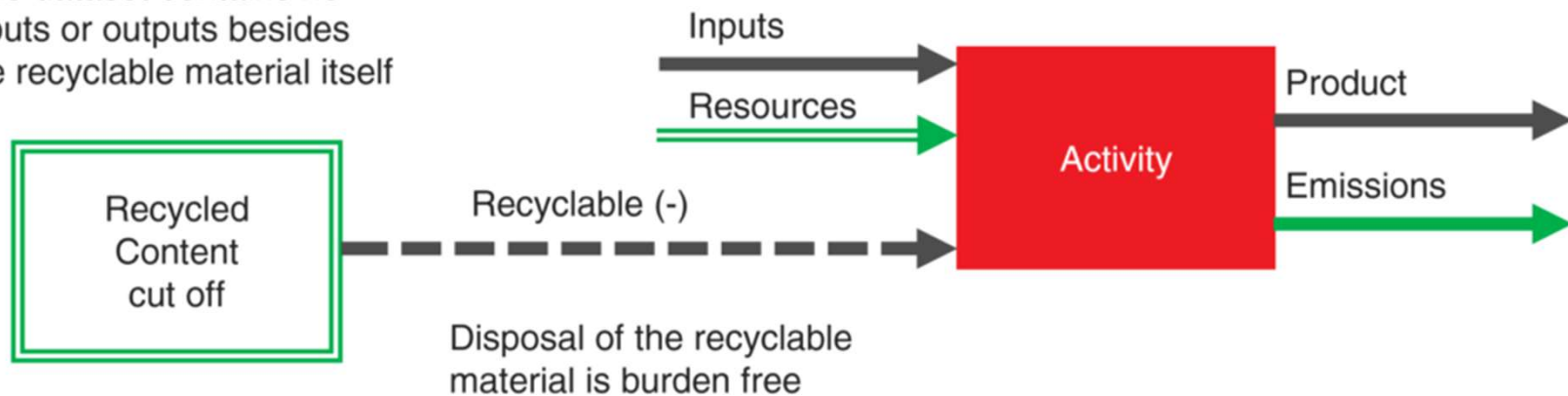
## Exemplo do **papel reciclado**

- o papel reciclado carrega apenas a **carga ambiental** da **coleta de papel** usado e do **processo de reciclagem** (isto é, de transformar papel usado em papel reciclado).
- está **livre de** quaisquer ónus das atividades florestais e dos processos necessários para a produção primária do papel.
- os **produtores de resíduos de papel** não recebem qualquer crédito (ambiental) pela reciclagem ou reutilização de produtos resultantes de qualquer tratamento de resíduos de papel.
- Por **exemplo**, o calor da **incineração** de resíduos sólidos urbanos (incluindo papel usado) pode ser utilizado para aquecer edifícios (district heating) ou para produzir eletricidade.
- como a incineração se destina integralmente ao tratamento dos resíduos => o **ónus** é atribuído ao **produtor de resíduos** enquanto que para o **utilizador do calor gerado**, este vem sem carga ambiental.

# Modelo “Alocação, corte por classificação”

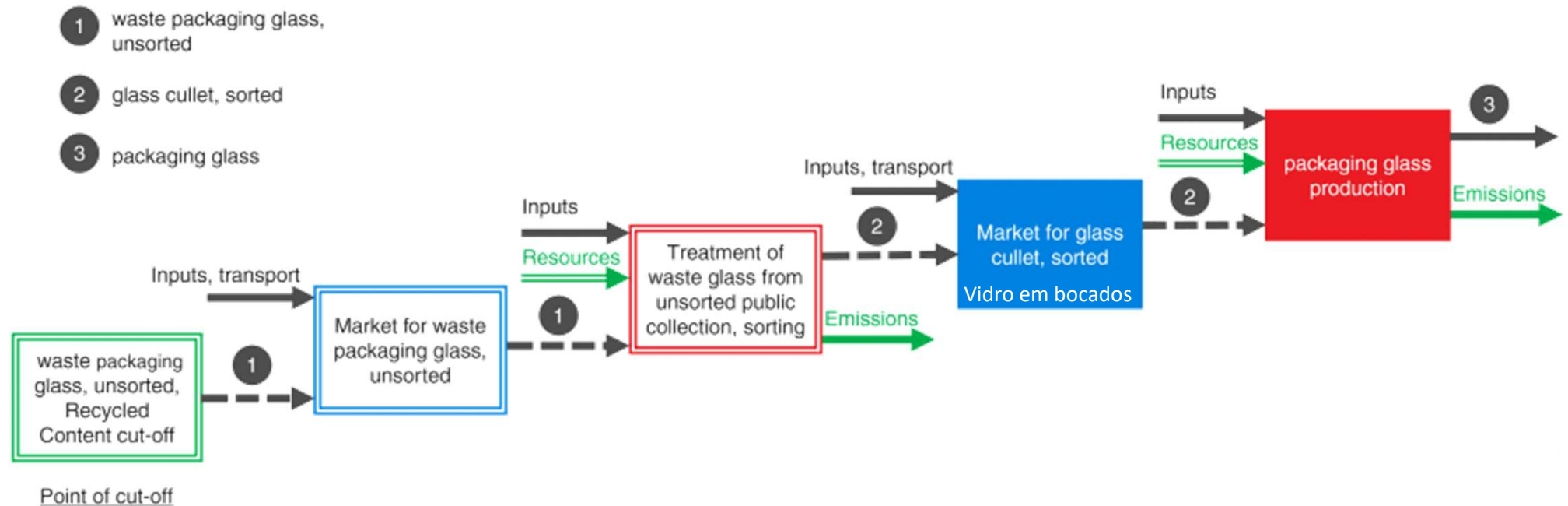
## Reciclagem de um resíduo

This dataset contains no inputs or outputs besides the recyclable material itself



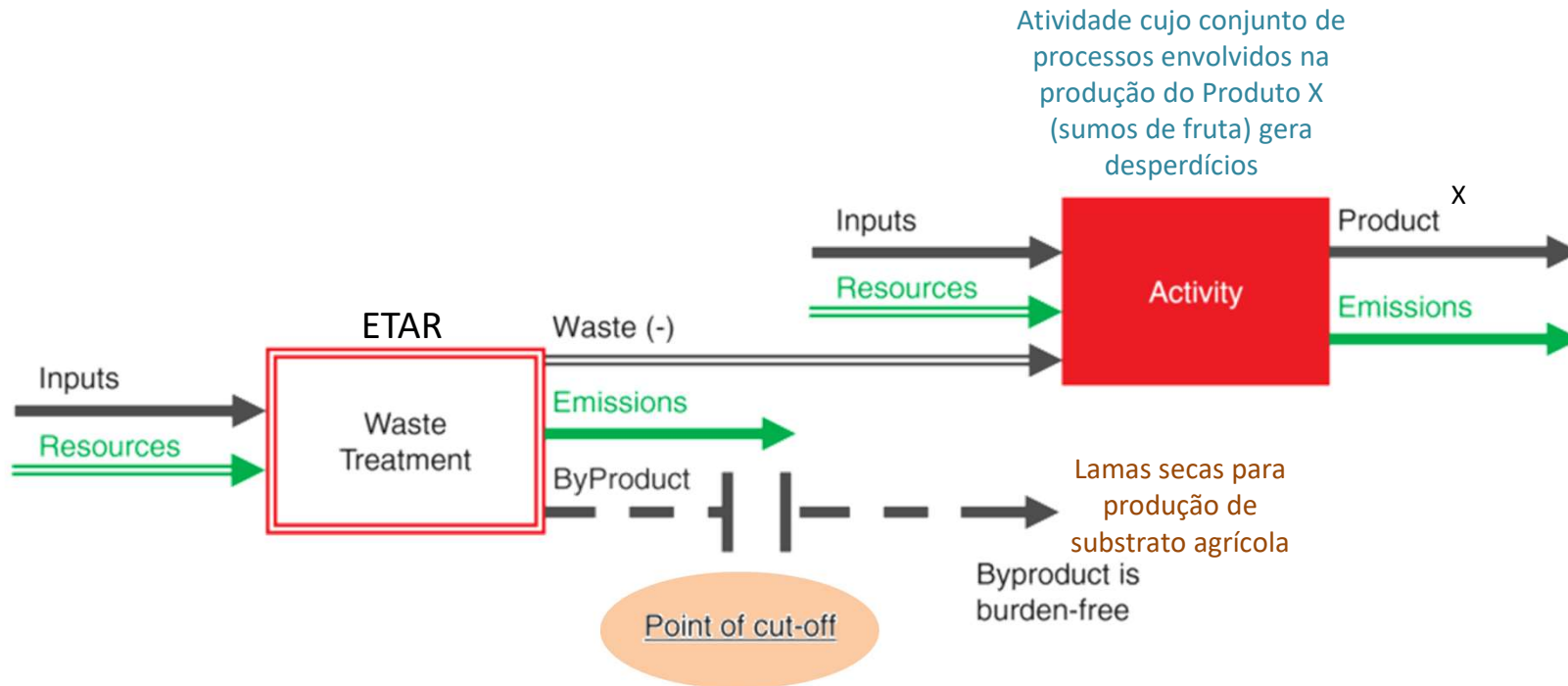
# Modelo “Alocação, corte por classificação”

## Reciclagem de um resíduo



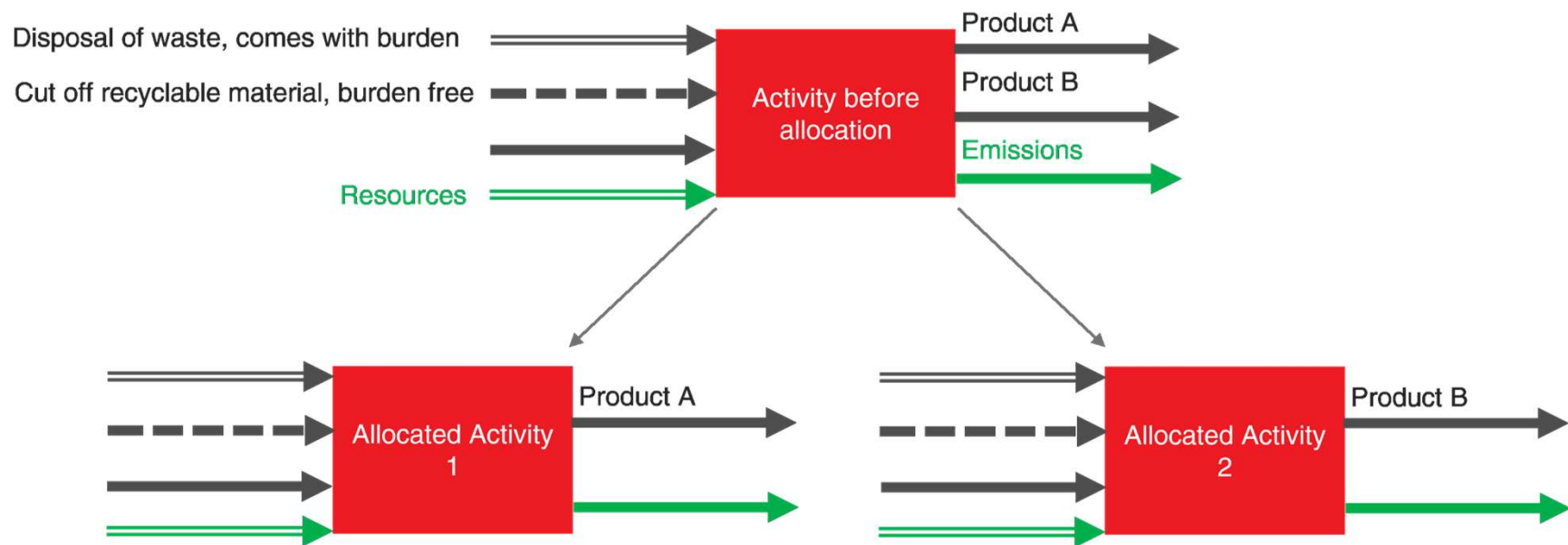
# Modelo “Alocação, corte por classificação”

## Tratamento de um desperdício



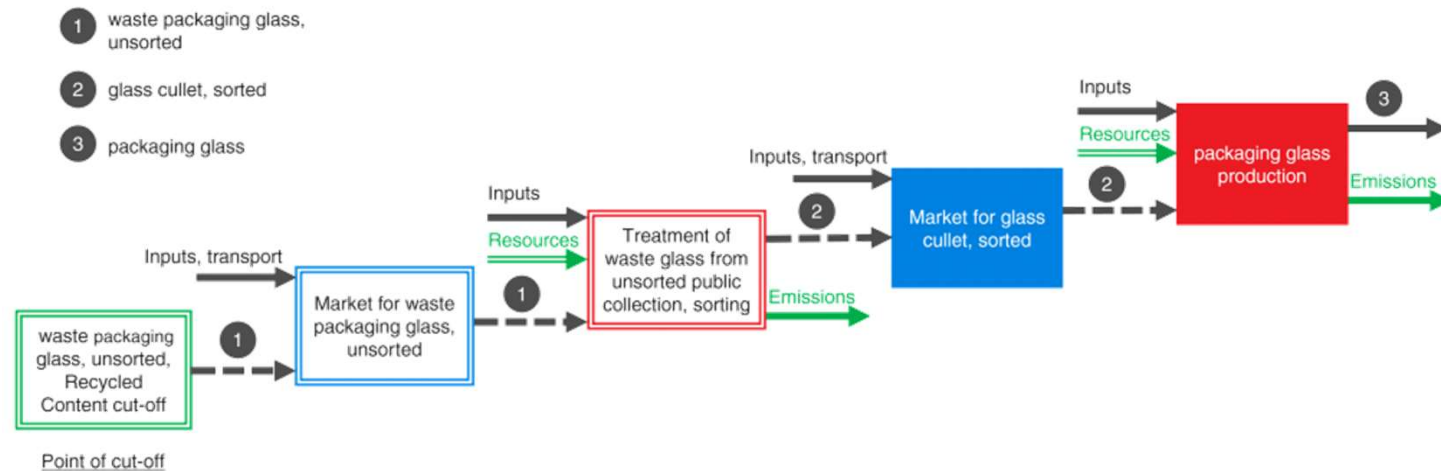
# Modelo “Alocação, corte por classificação”

Atividade de reciclagem de um resíduo, geradora de dois produtos e de um tipo de desperdício



Conseguem dar um exemplo ?

# Modelo “Alocação, corte por classificação”

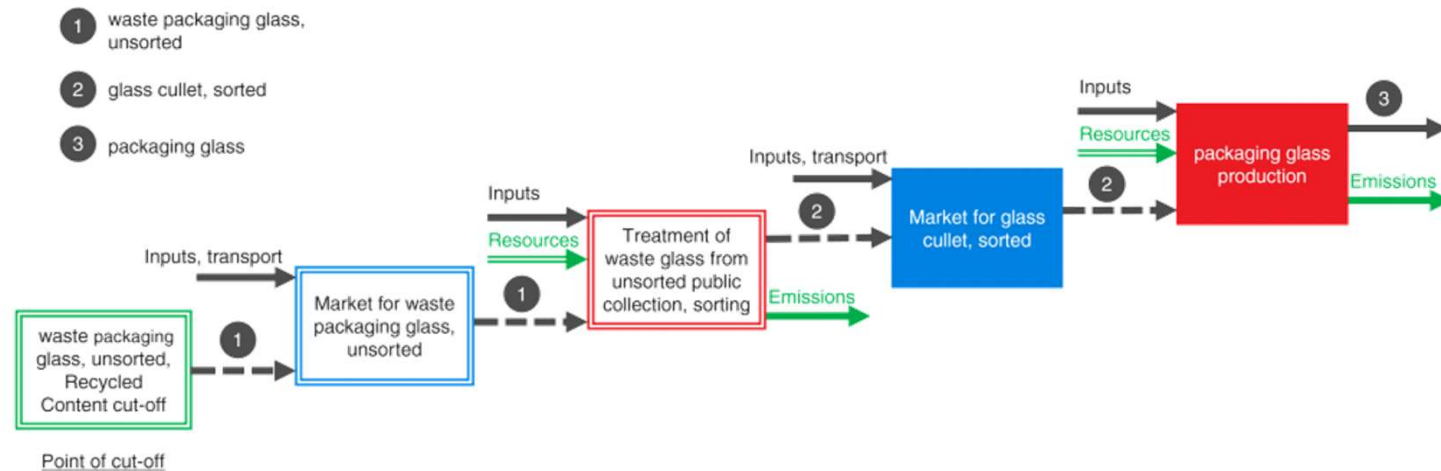


Exercício: criar um diagrama de fluxo para cada uma destas situações

- ⇒ unidade fabril de produção de sacos de plástico
- ⇒ unidade fabril de reciclagem de plástico (apenas 40% do material plástico recolhido tem qualidade para ser reciclado)
- ⇒ unidade fabril de produção de sacos de plástico e de sacos de plástico reciclado (com 20% de material reciclado)



# Modelo “Alocação, corte por classificação”



**Exercício:** criar um diagrama de fluxo para cada uma destas situações

⇒ unidade fabril de produção de sacos de plástico

⇒ unidade fabril de reciclagem de plástico (apenas 40% do material plástico recolhido tem qualidade para ser reciclado)

⇒ unidade fabril de produção de sacos de plástico e de sacos de plástico reciclado (com 20% de material reciclado)

Como ficaria uma matriz do sistema no último caso?



# Modelo “Alocação no ponto de substituição”

Filosofia subjacente ao modelo APOS:

- a **responsabilidade ambiental** sobre os resíduos gerados é **compartilhada** entre **produtores** e subsequentes **utilizadores** que beneficiam dos processos de tratamento usando os produtos de valor neles originados.
- Este modelo usa a **expansão do sistema** de produto(s) para **evitar a alocação** dentro dos **sistemas de tratamento**.
- esta abordagem baseia-se portanto no princípio de que **a alocação no fim da vida**, ou seja, nas atividades de tratamento, **deve ser evitada**.



# Modelo “Alocação no ponto de substituição”

## Origem do modelo

- atividades como a coleta de resíduos sólidos urbanos e a sua condução ao aterro sanitário, ocorrem dentro de sistemas de tratamento - encontrar fatores de alocação adequados (ex. rendimentos obtidos), para essas etapas individuais é um grande desafio.
- O modelo APOS foi criado para evitar este tipo de problema, **alocando** os **subprodutos de valor** dos **sistemas de tratamento** à **atividade** que **originou** o material (**desperdício**) para tratamento.
- A definição do **âmbito** do estudo de ACV de um dado produto pode **inviabilizar** a **aplicação** deste modelo – que envolve a expansão do sistema - à **informação** de primeiro plano (**foreground**) do sistema de produto.



# Modelo “Alocação no ponto de substituição”

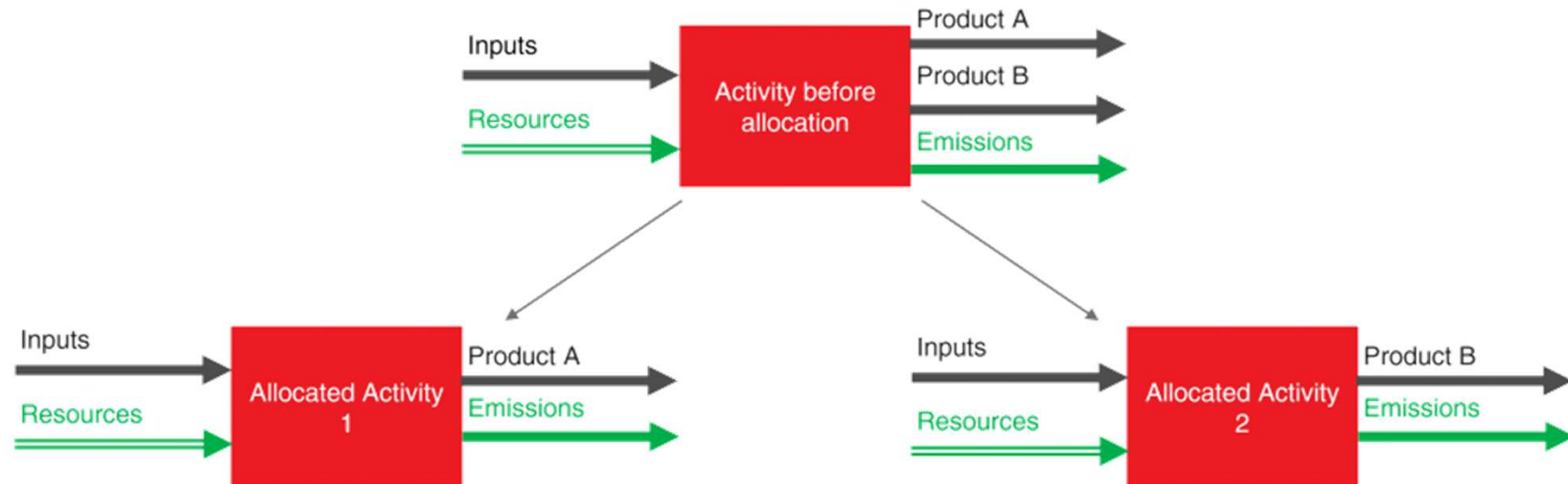
Nomenclatura utilizada para a classificação de resíduos:

- material para tratamento (mft)
  - produto que requer tratamento em geral (desperdício), ou que necessita de tratamento para se tornar valioso para uma etapa posterior de processamento (material reciclável)
- material que não necessita de tratamento (n-mft).
  - produto de valor económico que não requer nenhum processamento adicional antes do uso.

# Modelo “Alocação no ponto de substituição”

Nomenclatura utilizada para a classificação de resíduos:

- material que não necessita de tratamento (n-mft).





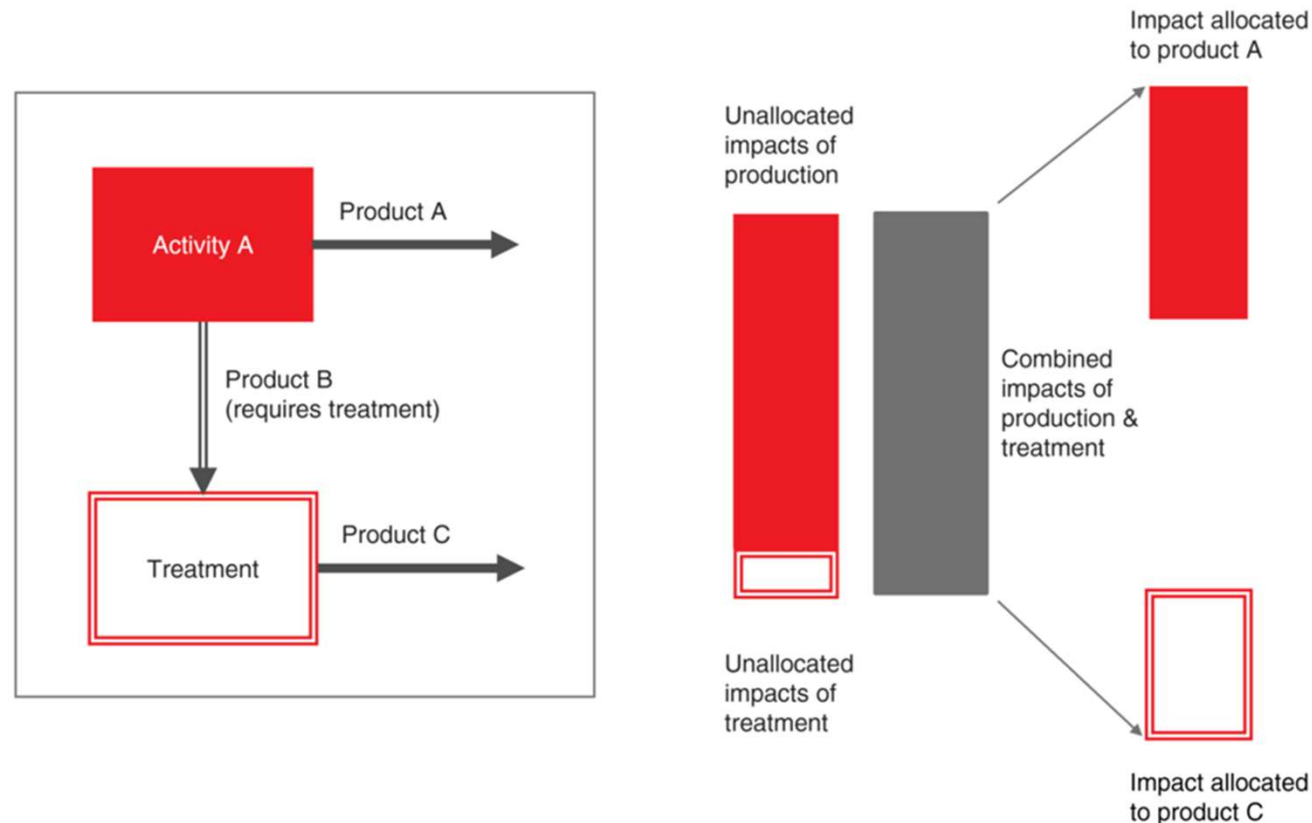
# Modelo “Alocação no ponto de substituição”

Nomenclatura utilizada para a classificação de resíduos:

- **material para tratamento (mft)**
  - cada **atividade** que **produz** um **produto** que requer **tratamento** adicional antes de adquirir valor económico, é **considerada em conjunto** com todas as **atividades de tratamento** necessárias para esse produto **em um único sistema**.
  - As trocas da atividade de **produção** e as das atividades de **tratamento** são então **alocadas** para **todos os diferentes subprodutos com valor no sistema** (tanto das atividades de produção quanto das atividades de tratamento).
  - O **ponto de substituição** reside na primeira atividade da cadeia de abastecimento, a jusante da atividade de tratamento (ou de reciclagem) que produz um produto com valor económico.



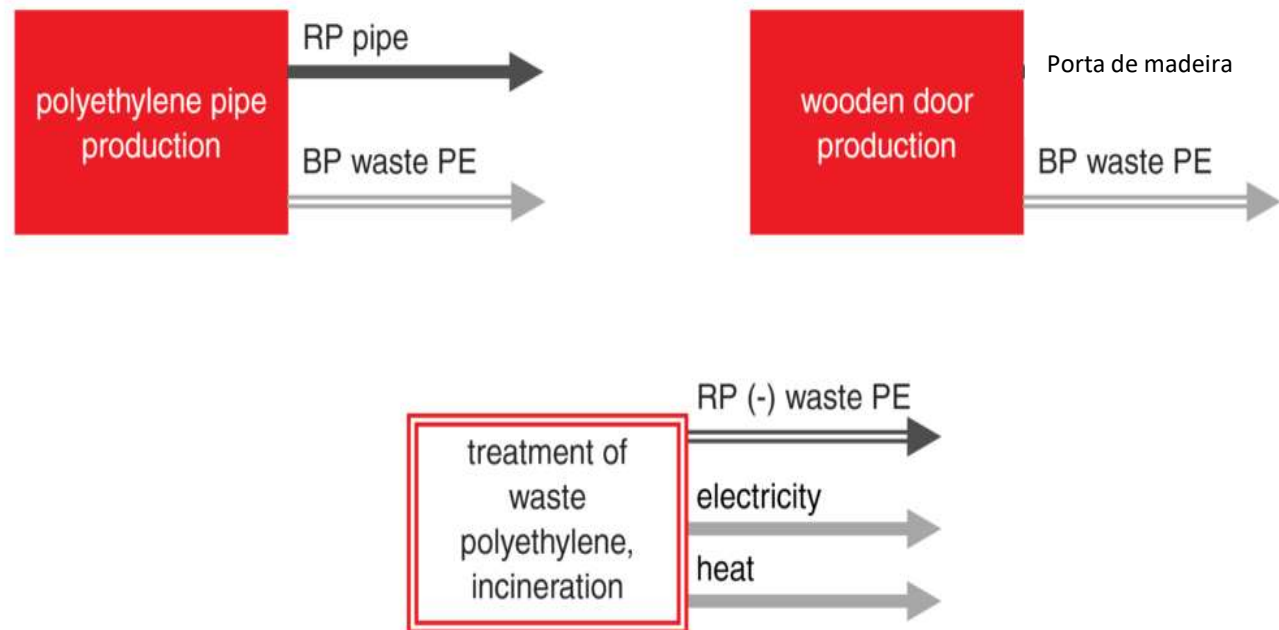
# Modelo “Alocação no ponto de substituição”



- Representação visual do modelo APOS, com expansão do sistema
- Os impactos do processo de produção e tratamento são combinados e alocados ao **produto A** e ao **subproduto do tratamento C** (e não ao produto B – resíduo ou desperdício).

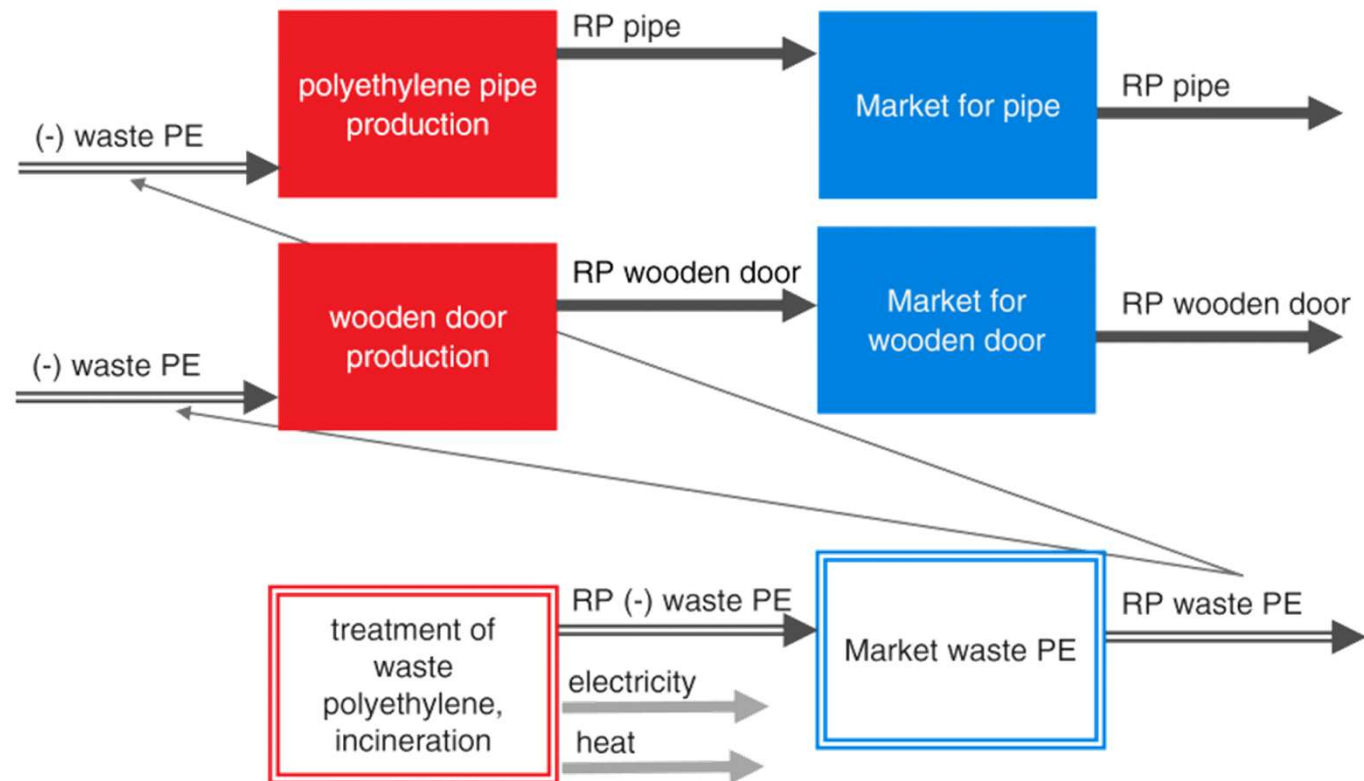
# Modelo “Alocação no ponto de substituição”

## Construção do modelo: Fase 1



# Modelo “Alocação no ponto de substituição”

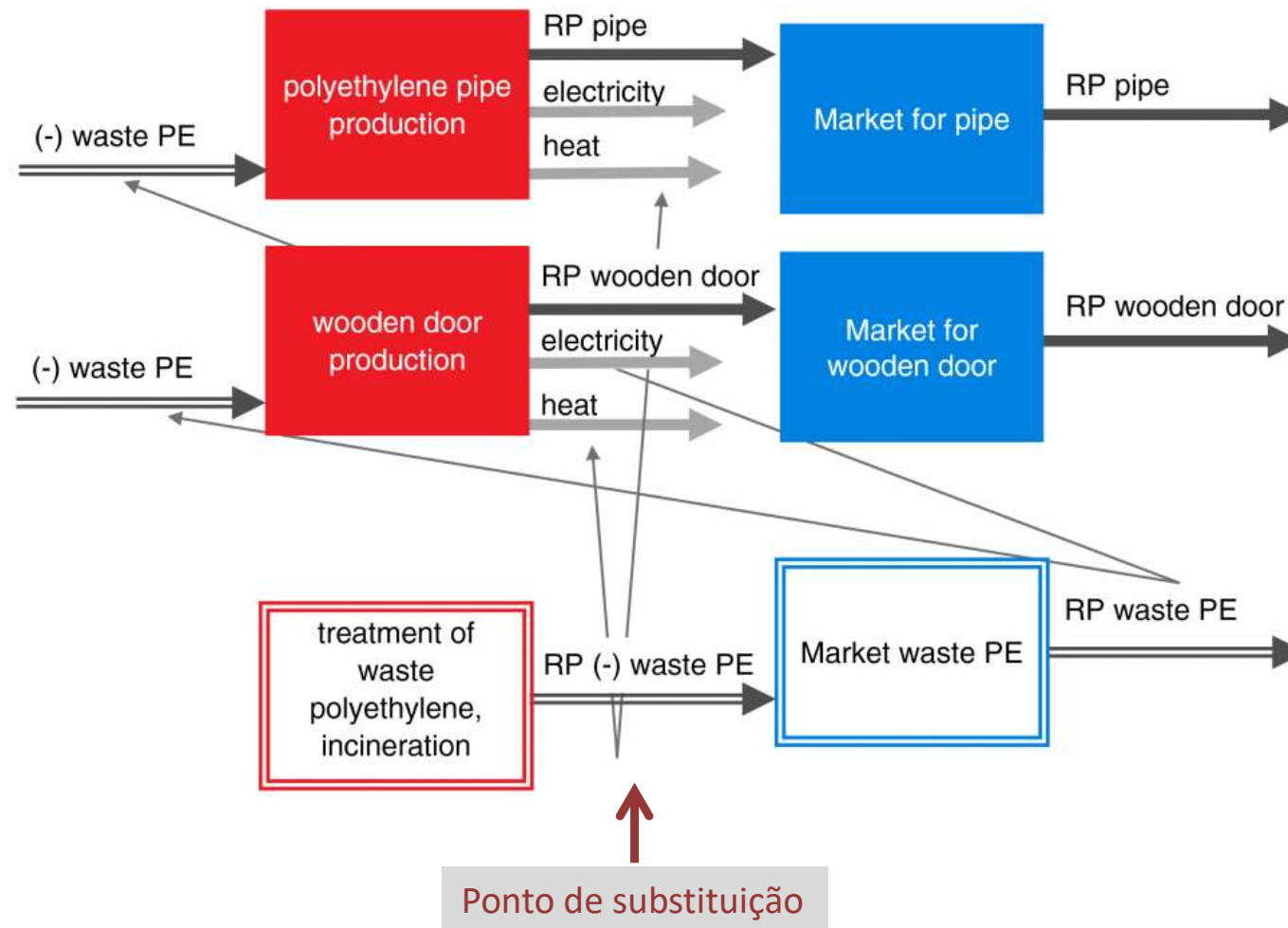
## Construção do modelo: Fase 2



- Os produtos de referência (PR) abastecem seus respectivos mercados, em função da procura dos consumidores.
- A atividade de incineração de resíduos de PE irá também responder ao mercado de resíduos de PE, que por sua vez será definido pela procura de tratamento dos resíduos plásticos da produção de tubos e da produção de portas.

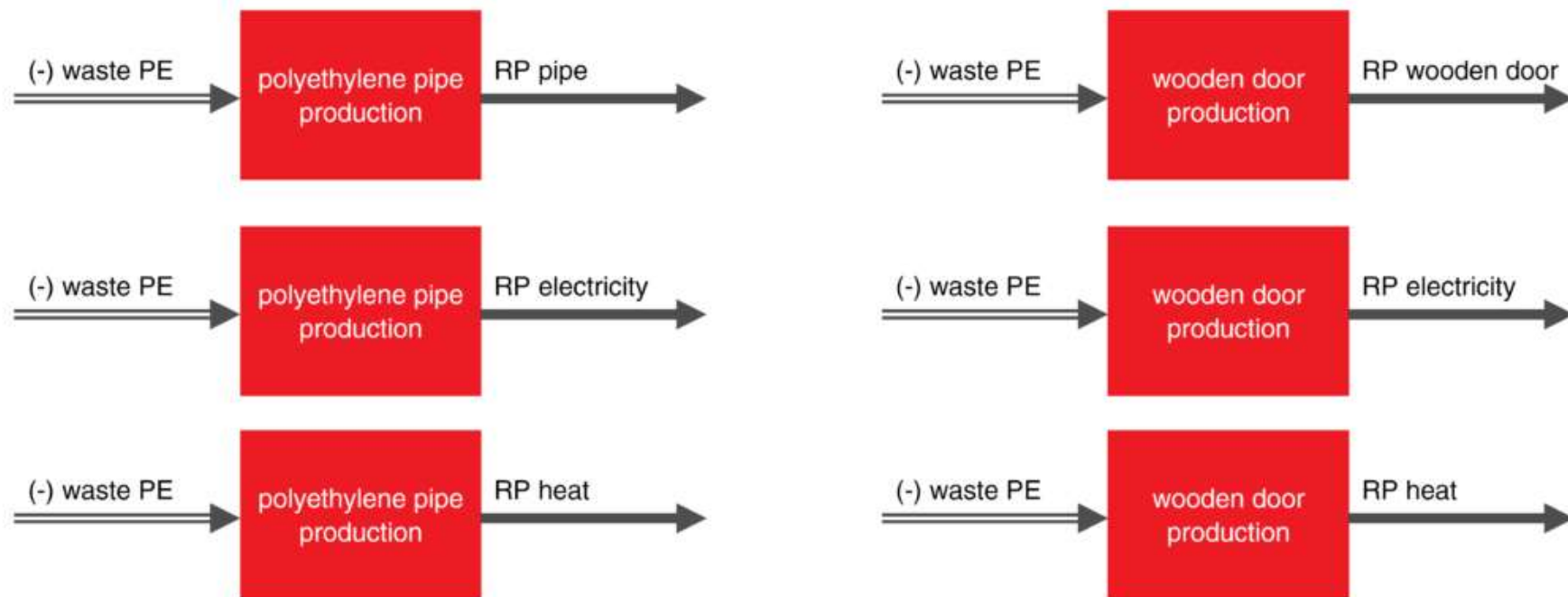
# Modelo “Alocação no ponto de substituição”

Construção do modelo: Fase 3



# Modelo “Alocação no ponto de substituição”

## Construção do modelo: Fase 4

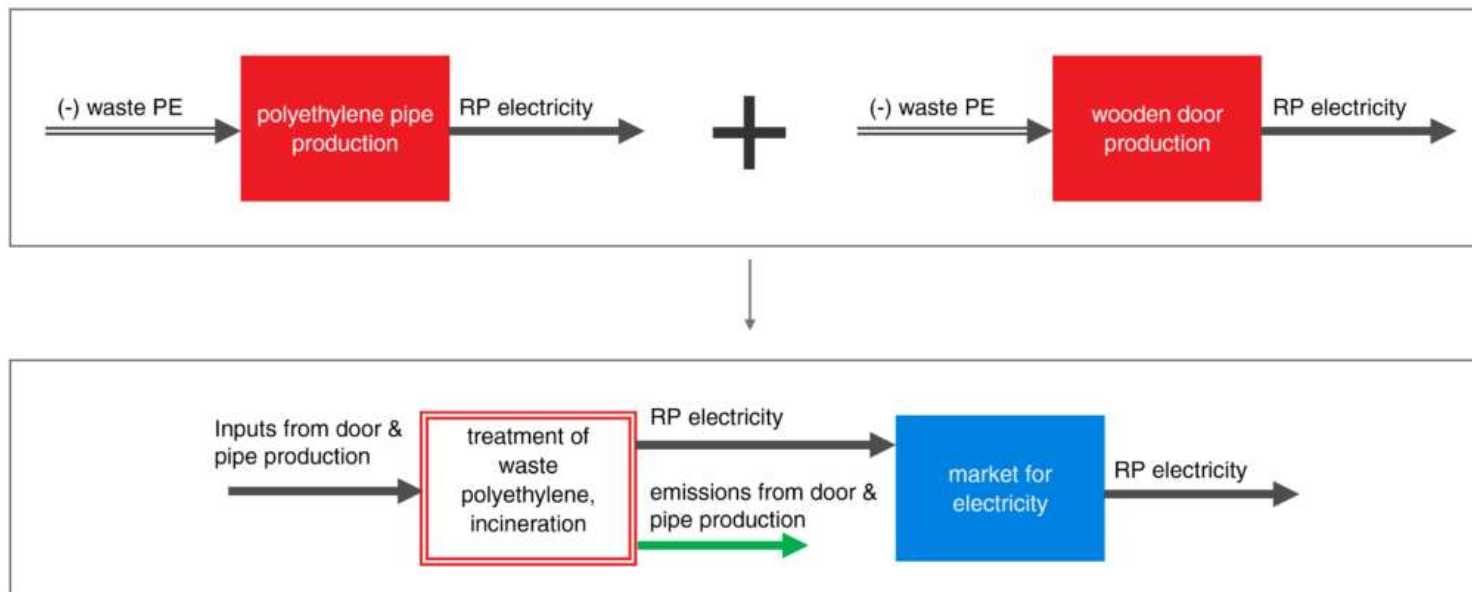


O sistema passa então a comportar-se como uma produção conjunta “convencional”. A alocação será aplicada a todos os produtos com valor económico:

- tubo de polietileno/eletricidade/calor
- porta de madeira/eletricidade/calor

# Modelo “Alocação no ponto de substituição”

## Construção do modelo: Fase 5



Após a alocação, todas as atividades criadas dessa forma e produzindo o mesmo produto são fundidas em uma única atividade com o nome do tratamento original de mft (ex. tratamento de resíduos de polietileno, incineração).

Essas atividades têm insumos e emissões das atividades para as quais os subprodutos não-MFT foram movidos.

O “**tratamento de resíduos de polietileno, incineração**”, produzindo eletricidade, terá entradas e emissões de, da produção de tubos e da produção de portas de madeira.

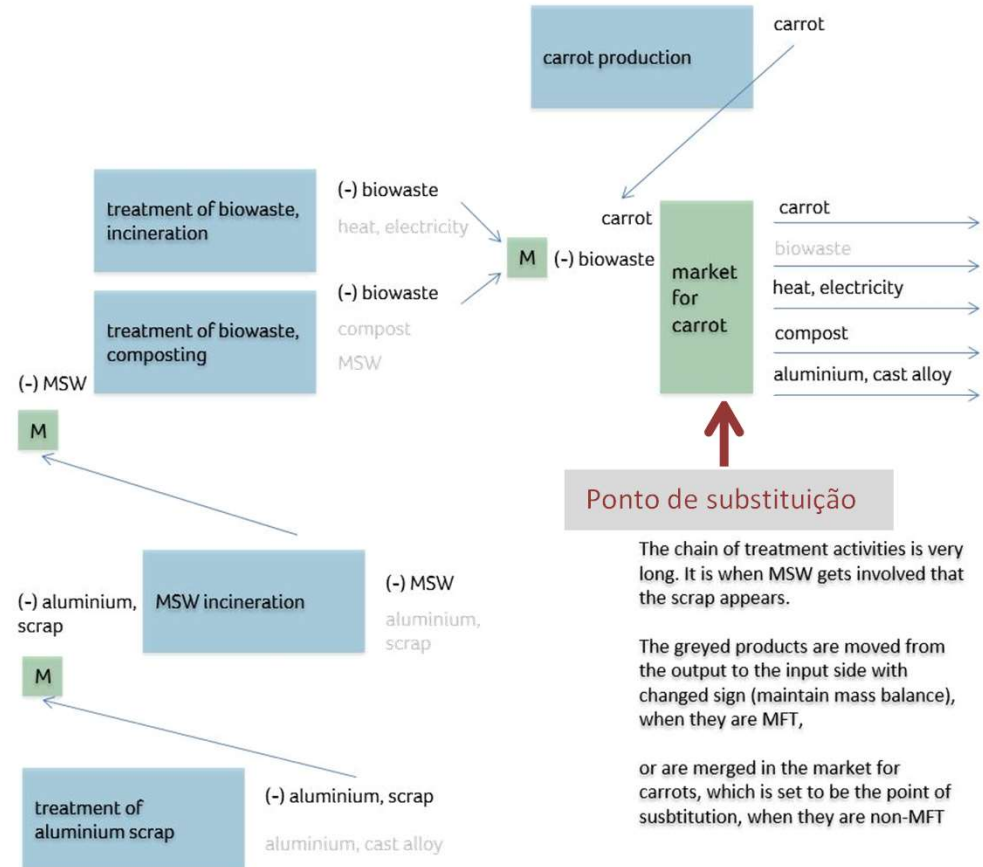
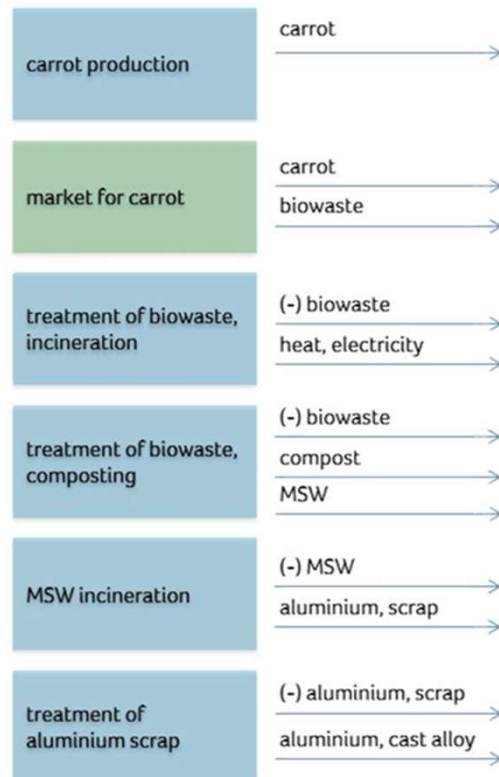
Os produtos cano, porta, eletricidade e calor ainda alimentam seus respectivos mercados.



# Modelo “Alocação no ponto de substituição”

Why do I have carrots on my recycled aluminium?

Estas são as atividades envolvidas, os seus produtos de referência e subprodutos



M Note: for sake of readability, this symbol is used to represent intermediate markets



## Avaliação do Ciclo de Vida Aula 6 – Modelação II 9 Dezembro 2022